

EPS

en vocht

**HANDLEIDING VOOR
DE OPLOSSING VAN
VOCHTPROBLEMEN**



LOGISCH PROCES: BOUWEN MET EPS.

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING	3
1.1. GEBOUWGEBRUIKER EN -EIGENAAR	3
1.2. OVERHEIDSBELANG	3
2. VOCHT IN DE BOUW	4
2.1. VOCHTBRONNEN	4
2.2. GEVOLGEN VAN VOCHT	5
2.3. MODELLERING VAN VOCHTVERSCHIJNSELEN	5
2.4. VISIES OVER VOCHT	8
3. EPS WEERSTAAT VOCHT	9
3.1. VOCHTEIGENSCHAPPEN VAN EPS	9
3.2. VOCHTEIGENSCHAPPEN VAN GECACHEERD EPS	9
4. VOCHTGEDRAG VAN EPS-BOUWDELEN	10
4.1. VLAKKE DAKEN EN VOCHT	10
4.2. HELLENDE DAKEN EN VOCHT	11
4.3. GEVELS EN VOCHT	12
4.4. VLOEREN EN VOCHT	14
4.5. AANSLUITDETAILS	15
5. CONCLUSIE	16
REFERENTIES	16
LIJST VAN AFKORTINGEN	16



I. INLEIDING

Er is een tijd geweest dat er serieuze pleidooien werden gehouden om gebouwen niet extra te isoleren met als motief een ongewenst hoge vochtconcentratie. Iedereen is nu bij de nadering van het jaar 2000 wel overtuigd van het nut van warmte-isolatie, de prijzen van energie hebben ons dat wel geleerd. Toch is de discussie in de jaren zeventig er niet voor niets geweest: vocht en warmte-isolatie zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden. In dit katern 'EPS en vocht', van het 'Witboek EPS in de Bouw, Informatie voor Bouwprofessionals', geven wij aan hoe u met EPS goed geïsoleerde constructies kunt ontwerpen en uitvoeren die heel duurzaam zullen blijken te zijn. Vocht is een vijand van isoleren. Waar dat vocht vandaan komt, wordt verderop uiteen gezet. Een aantal vochtbronnen zoals regen kent iedereen, maar dat de mens zelf een grote vochtbron is, ligt minder voor de hand. De verschijnselen die duiden op vocht en de gevolgen van ongewenst vocht passeren de revue. Vocht is zó van invloed dat de overheid in de bouwregelgeving een aantal eisen heeft geformuleerd. In andere delen van dit witboek zijn de belangrijkste eigenschappen van EPS vermeld. In dit hoofdstuk worden de vochteigenschappen uitgediept die belangrijk zijn om tot goede met EPS geïsoleerde constructies te komen. De gangbare oplossingen voor daken, gevels en vloeren worden gegeven en getoetst aan de eisen die de overheid eraan stelt en aan de eisen die we uit oogpunt van duurzaamheid moeten stellen.

1.1. GEBOUWGEBRUIKER EN –EIGENAAR

De gebruiker van een gebouw (laten we gemakshalve een woning nemen want daar hebben we allemaal ervaring mee) heeft een hekel aan vocht. In de zomer ervaren we drukkend weer als zeer onaangenaam. In natuurkundige termen is in zo'n situatie de relatieve luchtvochtigheid erg hoog: circa 90%. Verdamping is een effectief middel om de lichaamstemperatuur constant te houden. Als de luchtvochtigheid hoog is wordt verdampen moeilijk omdat de omringende lucht maar weinig vocht kan opnemen. Die situatie ervaren is onaangenaam.

Er zijn een tweetal vrij grote bevolkingsgroepen die om gezondheidsredenen een hekel aan vocht hebben; mensen die last hebben van reuma of mensen die last hebben van cara. Reumapatiënten ervaren een vochtige woning als zeer onaangenaam omdat het lichaam moeite heeft de spieren goed warm te houden. Daarbij speelt mee dat bewegen pijn doet en dus zoveel mogelijk vermeden zal worden.

Vermijden van warmteverlies aan de omgeving (en vochtige lucht geleid de warmte nu eenmaal beter dan droge) moet daarom vermeden worden.

Circa 10% van de Nederlanders heeft in meer of mindere mate last van cara, waarbij de luchtwegen extra gevoelig zijn voor bepaalde stoffen en aanleiding geven tot allergische reacties. Geschat wordt dat een vijfde van die allergische reacties veroorzaakt wordt door sporen van schimmels. Bekend is dat schimmels goed gedijen op een vochtige ondergrond, zodat het zaak is schimmelvorming te voorkomen. Zwarte plekken op het behang, bijvoorbeeld achter de kast, verraden de aanwezigheid van schimmels.

Ook hout (houtrot) en staal (corrosie) worden als gevolg van vocht aangetast. Tenslotte is er ook nog een visuele reden om vocht te vermijden. Zwarte plekken op de muur, afbladderende

verflagen op houten kozijnen en kringen in het plafond worden ervaren als visueel discomfort.

Vermijding van vocht is naast redenen van gezondheid dus ook van belang uit oogpunt van duurzaamheid van materialen en visueel comfort [ref 1].

1.2. OVERHEIDSBELANG

De overheid acht de kans op schadelijke gevolgen van vocht zo groot dat zij eisen heeft gesteld. Deze eisen zijn terug te vinden in het Bouwbesluit en ingedeeld in 4 categorieën. Deze eisen moeten het voorkomen van vocht in een bouwwerk aan banden leggen. De buitenhuid (gevel, dak en vloer) moet waterdicht zijn om een bruikbaar gebouw op te leveren. De binnoppervlaktetemperatuur mag niet te laag worden om condensatie en dus allergenen te voorkomen. Veel aandacht besteedt de overheid daarbij aan energiezuinigheid. Een nat geworden isolatiemateriaal isoleert minder goed. De waterdichtheid van de buitenhuid heeft daar dus duidelijk mee te maken.

Opmerkelijk is dat de overheid geen eis aan de duurzaamheid van een constructie stelt, behalve dan dat de draagconstructie gedurende de beoogde levensduur zijn draagvermogen niet mag verliezen. Nergens is een eis te vinden dat bijvoorbeeld verf niet van kozijnen mag bladderen of dat er in een constructie geen condensatie mag optreden. Het duurzaamheidsaspect beschouwt de overheid als een private aangelegenheid, die de bouwheer en de bouwer onderling moeten regelen [ref 2][ref 3].



2. VOCHT IN DE BOUW

Voor een juist begrip van het fenomeen vocht en de consequenties die vochtinwerking op constructies kunnen hebben, is allereerst kennis nodig omtrent de oorzaken, zeg maar de bronnen, van vocht in een woning, gebouw of ander bouwwerk.

2.1. VOCHTBRONNEN

Vocht kan op verschillen manieren in een gebouw terecht komen door:

- regen en lekkages;
- bouwvocht;
- bodemvocht of optrekkend vocht;
- woonvocht.

2.1.1. REGEN

In elke buitenschil komen openingen voor waardoor regen in combinatie met wind naar binnen kan dringen. Bekend zijn de kozijnopeningen; die zijn ervoor ontworpen en ervoor op water- en winddichtheid getest. Bestaat het hellende dak of de gevel uit elementen, dan moet er aandacht aan de water- en winddichtheid van de aansluitingen besteed worden. De buitenste schil mag in beperkte mate regenwater doorlaten (doorslaan) indien dat water aan de achterzijde afgevoerd wordt zonder hinder of schade te veroorzaken. Houten gevelbekledingen (rabat, potdekselen, etc.), zien er goed regendicht uit maar zijn dat in de praktijk beslist niet. De in Nederland veel toegepaste spouwmuur is beslist niet waterdicht; met name de voegen laten water door dat aan de achterkant van het buitenblad naar beneden loopt. Dat is geen probleem tenzij slechte detaillering het mogelijk maakt dat het doorgeslagen water in de achterliggende constructie terecht komt.

Daken zijn moeilijker waterdicht te krijgen dan gevels omdat de waterdruk groter kan zijn. Dakdoorbrekingen (doorvoeren/daglichten) waterdicht maken eist zorgvuldig ontwerp en uitvoering.

Het is in de bouwpraktijk niet te voorkomen dat het gaat regenen voordat de dakbedekking of de gevelbekleding is aangebracht. Een voor dak of gevel bestemd isolatiemateriaal moet dus bestand zijn tegen een regenbui. Ook zijn in de open bouwfase meestal de naden nog niet afgedicht, waardoor water kan binnendringen.

2.1.2. BOUWVOCHT

Veel steenachtige materialen worden met een overmaat aan water aangemaakt om te verharderen. Verhard beton bevat nog 15 tot 20% vocht. Voor een gebruikelijke vloerdikte van 20 cm betekent dit dat $\pm 40 \text{ kg/m}^2$ vocht aanwezig is dat langzaam uit het beton moet verdampen. Cementen dekvloeren worden meestal aangebracht als het gebouw al regen- en winddicht is en er nog geen ventilatievoorzieningen zijn.

De eerste dagen verdampt er veel water, wat aanleiding geeft tot extreem hoge relatieve luchtvochtigheden. In bijvoorbeeld woningen die enige tijd afgesloten zijn geweest, is schimmel onder tegen het dak daarom geen uitzondering.

2.1.3. BODEMVOCHT

In Nederland staat de grondwaterpiegel gemiddeld 0,50 m beneden maaiveld. De laag grond boven het grondwater is daarbij meestal volledig met water doordrenkt.

Een materiaal dat poreus is, zal in contact met de bodem water opzuigen. Gewone baksteen is poreus en zuigt zich dus vol met water, waarbij het waterfront tot ver boven het maaiveld kan stijgen. Om optrekkend vocht te voorkomen wordt een niet poreuze steen toegepast (klinker) of wordt het metselwerk op hoogwaardige betonnen balken geplaatst.

Uit vochtige bodem verdampt water, een effect dat wordt versterkt doordat het gebouw van binnenuit verwarmd wordt. Bij een gebouw met kruipruimten treedt dus veel verdamping op; tegen deze vochtbron moeten daarom maatregelen worden getroffen.

2.1.4. WOONVOCHT OF HET BINNENKLIMAAT

Elk mens produceert in rusttoestand ca. 70 gram vocht per uur; die hoeveelheid neemt toe met verhoging van de activiteiten. Per etmaal betekent dit voor een gezin van 4 personen 7 tot 14 kg vochtproductie, terwijl iedereen koken en douchen als grote vochtbronnen ervaart. Figuur 1 geeft een overzicht van diverse vochtbronnen in een woning en hun grootteorde. Figuur 2 geeft een indruk van de vochtproductie per vertrek [ref 4].



Fig. 1: Vochtbronnen in een woning

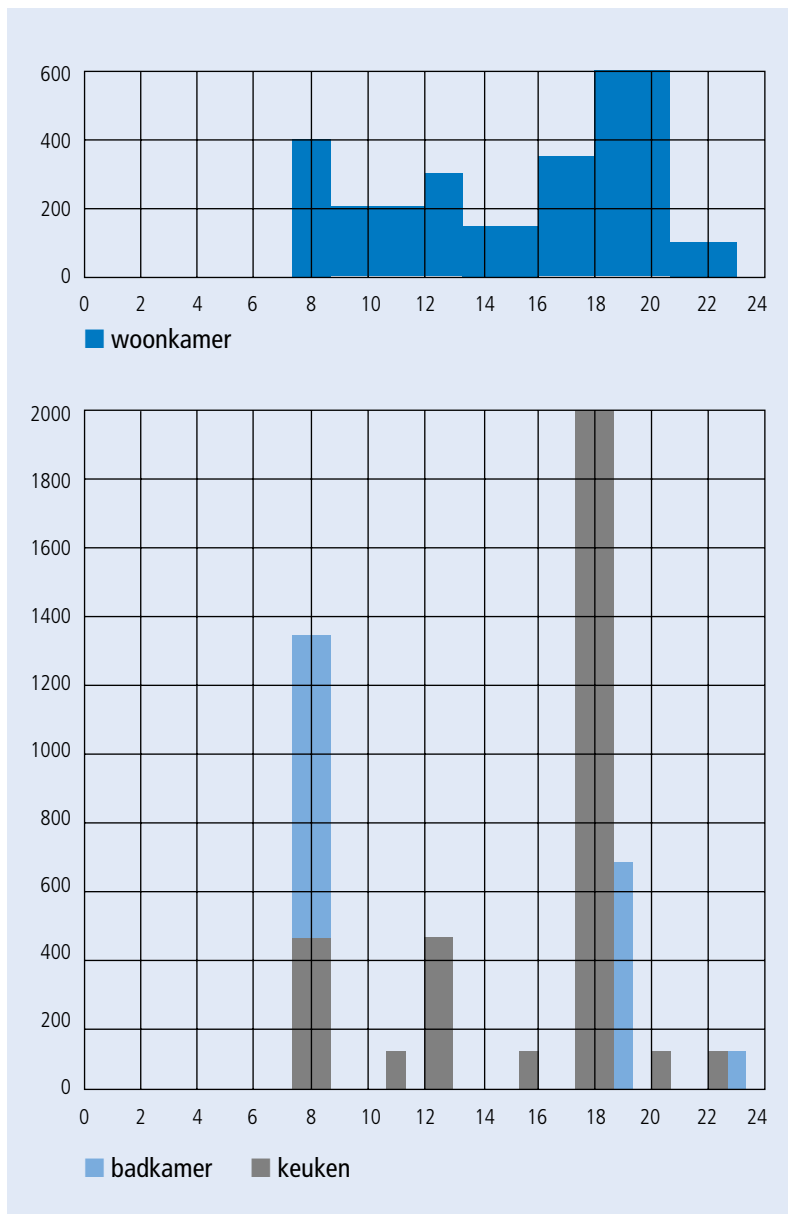


Fig. 2: Globale vochtproductie per etmaal voor een gezin van 4 personen in verschillende ruimten

2.2. GEVOLGEN VAN VOCHT

Met de gevolgen van vocht wordt men zelden geconfronteerd omdat woningen meestal vochttechnisch goed zijn gebouwd. Alleen als er fouten zijn gemaakt, wordt vocht als probleem ervaren. Een opsomming van de gevolgen van ongewenst vocht:

- schade door:
 - bevriezing van nat geworden materialen (geglazuurde tegels en dakpannen);
 - afgedrukte pleisterlagen door vorming van zoutkristallen onder de stuclaag;
 - afbladderen van dekkende verflagen door dampdiffusie;
 - rot van houtachtige materialen door doorgeslagen water en/of

- inwendige condensatie;
 - corrosie van metalen bouwdeelen;
 - visueel discomfort door:
 - lekkageplekken in plafonds of wanden;
 - witte uitslag door uittredend zout;
 - gezondheidsrisico's door:
 - sporen van schimmels bij hoge vochtgehalten aan het oppervlak van materialen;
 - extra stookkosten door:
 - verdampen van bouwvocht;
 - extra energieverlies door afvoer van veel energie bevattende vochtige lucht;
 - matige isolatie door nat geworden isolatiematerialen;
 - discomfort, langdurig verblijf in zeer vochtige lucht ervaren we als benauwd en drukkend of als kil en koud.

2.3. MODELLERING VAN VOCHTVERSCHIJNSELEN

Bouwfysici zijn erin geslaagd om de besproken vochtverschijnselen in modellen te vangen, zodat het gedrag berekend kan worden en maatregelen getroffen kunnen worden. Verplaatsing van vocht in vloeibare vorm (vocht) en in dampvorm (damp) volgen niet dezelfde wetten. Daarbij dient men zich te bedenken dat alle gebruikte rekenmethoden beperkt geldig zijn omdat het vereenvoudigingen van de werkelijkheid zijn.

2.3.1. VOCHTTRANSPORT, CAPILLAIRE WERKING

Water gehoorzaamt de wetten van de zwaartekracht en beweegt zich altijd naar beneden. Er zijn twee verschijnselen die het doen voorkomen alsof water ongevoelig is voor de zwaartekracht, te weten:

- wind die vocht zijdelings kan verplaatsen en bij grotere winddrukken ook naar boven;
- capillaire werking.

In vrijwel elk materiaal komen capillairen voor waarin water een bijzonder gedrag vertoont. In een capillair heeft het vloeistofoppervlak een holle of een bolle meniscus afhankelijk van de adhesie tussen watermoleculen en de moleculen van de wand. Als het capillair heel nauw is, en er een holle meniscus aanwezig is, wordt het vloeistofoppervlak omhoog getrokken. Het vloeistofniveau stijgt tot er evenwicht is tussen enerzijds de capillaire kracht en anderzijds het gewicht van de vloeistofkolom (zwaartekracht) en de verdamping. Is de adhesie heel klein tussen vloeistof en wand dan ontstaat er een bolle meniscus en wordt het wateroppervlak naar beneden gedrukt.

Bekend is optrekkend bodemvocht in baksteen, maar minstens zo belangrijk is capillaire werking in aansluitingen tussen bouwdeelen: als de naden maar voldoende smal zijn, kruipt regenwater omhoog zonder dat er winddruk op staat.

T [°C]	P _{max} [Pa]	c _{max} [g/m ³]
30	4245	30,34
2	3169	23,05
20	2340	17,28
15	1706	12,85
10	1229	9,40
5	872	6,83
0	611	4,84
-5	401	3,26
-10	260	2,15

Tabel 1: Relatie temperatuur, maximale dampspanning en maximale dampconcentratie

2.3.2. DAMPTRANSPORT; DAMPDIFUSIE EN LUCHTRANSPORT (VENTILATIE)
Net als zuurstof en stikstof is waterdamp een gas dat de fysische wet volgt voor gassen: de wet van Boyle-Gay Lussac. Het volgende verband bestaat tussen dampconcentratie en dampspanning:

$$p = c * R * T$$

Hierin is:

- p = dampspanning in pascal [Pa];
- c = concentratie [kg/m³];
- R = gasconstante; voor waterdamp 462 [J/kg.K];
- T = temperatuur in graden Kelvin [K].

De dampspanning kan niet oneindig groot zijn, zodat er een maximale dampspanning en maximale concentratie bestaat die bepaald wordt door de temperatuur. Lucht met een hogere temperatuur kan dus meer waterdamp bevatten. In tabel 1 zijn enkele waarden gegeven voor de maximale concentratie [g/m³] en de maximale dampspanning [Pa]. De hoeveelheid vocht die lucht kan bevatten, daalt zeer snel met de temperatuur.

Natuurkundigen werken graag met concentraties [g/m³] en bouwphysici bij voorkeur met de relatieve luchtvochtigheid (RV) die in formulevorm luidt:

$$\varphi = \frac{p}{p_{max}} * 100\%$$

Rekenvoorbeeld afvoer van vocht door ventilatie:
concentratie in afvoerlucht 14 g/m³;
concentratie in toegevoerde lucht 7,5 g/m³.
afgevoerd vocht:
 $30 \cdot 10^3 * \{(14 - 7,5) * 10^{-3}\} * 3600 =$
 $0,7 \text{ kg/uur} = 16,8 \text{ kg/etmaal.}$

Als de temperatuur daalt dan verandert er niets aan de absolute hoeveelheid aanwezig vocht in een m³ lucht. Wel daalt de maximaal opneembare hoeveelheid, waardoor de relatieve vochtigheid 100% kan gaan bedragen en de waterdamp overgaat in vloeistof: condensatie.

2.3.3. OPPERVLAKTE CONDENSATIE

De lucht uit het binnenklimaat is bijna altijd warmer dan de buitenlucht en bevat ook meer vocht door de interne vochtproductie.

Gebruikelijke waarden voor de concentratie zijn:

- in binnenlucht circa 14 g/m³ (RV = ± 70% bij 22°C);
- buitenlucht circa 7,5 g/m³ (RV = ± 60% bij 15°C).

Als de warme binnenlucht in aanraking komt met een koud oppervlak (bijvoorbeeld een enkele glasruit die in de winter een temperatuur van 3°C kan hebben), dan weten we uit ervaring dat de ruit beslaat (lucht van 5°C kan maximaal 6,83 g/m³ bevatten en dus geen 14 g/m³). Condensatie op koude oppervlakken is een methode om waterdamp te doen verdwijnen. Als het koude oppervlak enigszins poreus is, zien we de eerste tijd niets van de condensatie.

Condensatie op ruiten zou acceptabel zijn, indien het condenswater deugdelijk naar buiten afgevoerd kan worden en niet kan binnendringen in bijvoorbeeld het kozijn en rot kan veroorzaken. Condens op ruiten heeft een waarschuwingfunctie: de relatieve luchtvochtigheid binnen is zeer hoog of de isolatie is onvoldoende.

2.3.4. VOCHTAFVOER DOOR VENTILATIE

Elke woning moet geventileerd worden om geproduceerde geuren etc. af te voeren en verse buitenlucht toe te laten. Ook al wordt er niet bewust geventileerd, dan vindt er door naden nog een uitwisseling van lucht en waterdamp plaats (infiltratie). Gemakshalve verwaarlozen we de infiltratie en gaan we uit van een ventilatie van $30 * 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$ (30 l/s) voor een woning, wat gerelateerd aan het Bouwbesluit aan de lage kant is. Door deze ventilatie kan per

Rekenvoorbeeld dampdiffusie door geïsoleerde spouwmuur:
binnenklimaat: $T_i = 22^\circ\text{C}$ en $\varphi_i = 70\%$;
 $p_i = 1852 \text{ Pa}$;
buitenklimaat: $T_e = 15^\circ\text{C}$ en $\varphi_e = 50\%$;
 $p_e = 853 \text{ Pa}$;

$$g = \frac{\Delta p}{5,3 * 10^9 * 9 * 0,22} = 9,5 * 10^8 \text{ [kg/m}^2 \cdot \text{s]};$$

ofwel: $9,5 * 10^8 \text{ [kg/m}^2 \cdot \text{s]} * 24 * 3600 = 8,23 * 10^3 \text{ kg/m}^2 \text{ per etmaal}$

uur 1,3 kg vocht afgevoerd worden, zie het rekenvoorbeeld. Ventilatie gedurende 24 uur per dag is beslist in staat het geproduceerde vocht van 7 tot 14 kg per dag af te voeren.

In zones met hoge geluidbelastingen kunnen de ventilatie-openingen niet altijd ideaal geplaatst worden, vaak zijn dan de veel kostbaardere suskasten nodig.

2.3.5. DAMPDIFUSIE

In de natuur wordt altijd gestreefd naar evenwicht en zal er een dampstroom ontstaan van binnen naar buiten vanwege de hogere dampspanning binnen. De dampstroom zal ook door een constructie heen zijn weg vinden, dit verschijnsel noemen we dampdiffusie.

De dampstroom is rechtevenredig met het dampdrukverschil en luidt in formulevorm:

$$g = \frac{\Delta p}{R^d}$$

Hierin is:

- g = de dampstroom [kg/m².s];
- Δp = verschil in dampspanning over de constructie [Pa];
- R^d = de dampdiffusieweerstand [m/s].

De dampdiffusieweerstand is een maat voor de weerstand die damp ondervindt. De weerstand wordt bepaald door de materiaaldikte en een materiaalconstante: de μ -waarde. De μ -waarde is een dimensieloos getal dat de verhouding weer geeft ten opzichte van de weerstand door lucht (voor 1 m lucht $5,3 * 10^9 \text{ s}^2$). Het damptransport door diffusie [g in kg/m²] kan dan berekend worden met de formule:

$$g = \frac{\Delta p}{5,3 * 10^9 * u * d_{tot}}$$

Het rekenvoorbeeld leert dat er door een geïsoleerde spouwmuur

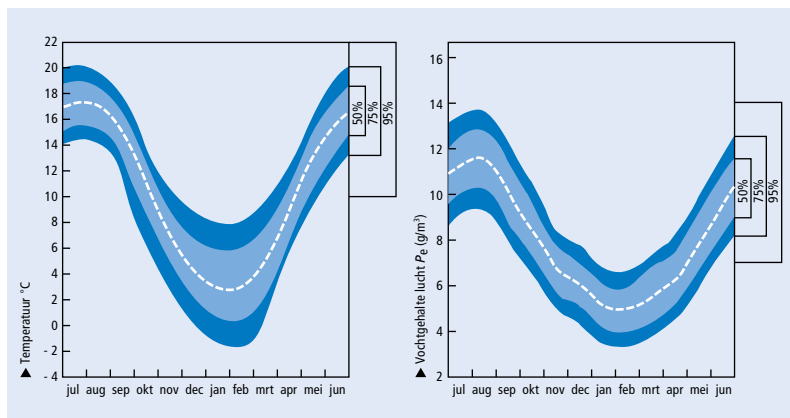


Fig. 4: Buitenklimaat met variatie in De Bilt. Bron: Blauwdruk jan. '85; Gasunie

een damptransport optreedt van $0,082 \text{ kg/m}^2$ per etmaal of voor een woning met $\pm 30 \text{ m}^2$ metselwerk circa $2,4 \text{ kg/etmaal}$. In vergelijking met de afvoer door ventilatie van $\pm 16,8 \text{ kg}$ per etmaal verdwijnt er door dampdiffusie dus weinig waterdamp.

binnen- of buitenoppervlak verdampt, hangt af van temperatuur en luchtvochtigheid. Constructies waarin de ontstane condens tijdens de zomer niet volledig verdampt en er dus vochtaccumulatie optreedt en die schade veroorzaakt, moeten worden vermeden. Inwendige con-

Klasse	grenzen dampspanning p [Pa]	condities dampproductie	gemiddelde temperatuur en vochtigheid in de winter	voorbeelden
I	$1030 < p < 1080$	geen of geringe		opslagplaats, garage, schuur
II	$1080 < p < 1320$	geringe	$T_i = 20^\circ\text{C}, \varphi = 40\%$	woning, kantoor, winkel zonder luchtbevochtiging
III	$1320 < p < 1430$	matige	$T_i = 20^\circ\text{C}, \varphi = 50\%$	school, verpleeg-inrichting, recreatiegebouw
IV	$p < 1430$	hoge	$T_i = 20^\circ\text{C}, \varphi > 60\%$	wasserij, zwembad, zuivelfabriek, drukkerij, textielfabriek

Tabel 2: Indeling in binnenklimaatklassen

Uit oogpunt van afvoer van waterdamp mag dampdiffusie dus verwaarloosd worden. Helaas kan dampdiffusie om andere redenen niet verwaarloosd worden want als de dampstroom in plaats van 24 uur vermenigvuldigd wordt met 3 weken, dan bedraagt het vochttransport $21 \cdot 8,23 \cdot 10^{-3} = 0,2 \text{ kg/m}^2 = 200 \text{ g/m}^2$. Als door temperatuurdaaling de hoeveelheid van 200 g/m^2 zou condenseren in bijvoorbeeld een triplexplaat, dan is het gevaar voor schimmelvorming zeer reëel aanwezig: inwendige condensatie. Inwendige condensatie hoeft niet erg te zijn, als het condens naar het buiten- of het binnenoppervlak wordt getransporteerd en daar verdampt. Hoe snel condens aan het

condensatie is goed te voorkomen door aan de warme zijde een dampremmende folie aan te brengen als de dampdiffusieweerstand van de isolatie te gering is.

Door de fysicus Glaser is een rekenmethode ontwikkeld om constructies te beoordelen op de mate van inwendige condensatie. In de rekenmethode zijn het binnen- en buitenklimaat zeer belangrijke uitgangspunten. Glaser stelde voor te rekenen op 60 dagen met een buitenklimaat van -10°C en een relatieve vochtigheid van 80%; en binnen 20°C en 50%. Ter verfijning worden de klimaten wel gestandaardiseerd tot lange termijn maandgemiddelden. Figuur 4 geeft lange

termijn gemiddelden voor De Bilt inclusief een bandbreedte.

Om gebouwen voor Glaser-berekening toegankelijk te maken zijn in het verleden 4 binnenklimaatklassen geformuleerd, begrensd door dampspanningen en gebouwen zijn ingedeeld in deze klassen. Een constructie kan afgekeurd worden voor bijvoorbeeld binnenklimaatklasse 3 en voor binnenklimaatklasse 1 uitstekend volendoen.

De methode Glaser is een uitstekende methode om een constructie te beoordelen op de mate van inwendige condensatie, maar het is niet zo dat een goed berekeningsresultaat vochtproblemen uitsluit, omdat de methode Glaser uit gaat van een aantal uitgangspunten, waarvan de belangrijkste zijn:

- een stationaire situatie;
- geen damp- of watertransport anders dan door diffusie;
- geen vochttransport door luchtbewegingen; een constructie dient 'luchtdicht' te zijn.

De beperking 'stationaire situatie' wordt goed ondervangen door semi-stationair te rekenen met binnenklimaatklassen en maandgemiddelden. In situaties waarbij een op zich acceptabele hoeveelheid condens ontstaat die nabij de buitenzijde kan bevriezen, volgt de methode onvoldoende de dynamische situatie. Op het ogenblik dat de zon gaat schijnen, komt in korte tijd relatief veel water vrij en kan de constructie gaan lekken.

2.3.6. LUCHTDICHTHEID

De methode Glaser gaat ervan uit dat de constructie 'luchtdicht' is. Damptransport door ventileren is vele malen effectiever dan dampdiffusie. Indien de dampstroom in een constructie kan binnendringen zullen forse hoeveelheden inwendige condensatie optreden ondanks een dampremmende laag aan de warme zijde. Aansluitdetails, doorvoeringen (ventilatiekanalen, etc) en ook de aansluitingen van dampremmende folies op de omringende constructie zijn normaliter niet luchtdicht; het zijn bronnen van inwendige condensatie.

Hoofdstuk	aspect	motief	criterium	eis art.			norm
					woning	kantoor	
constructieve veiligheid	referentieperiode	behoud van draagkracht afhankelijk	levensduur	2	50 jaar	50 jaar	NEN 6700, o.a. NEN 6760
gezondheid	vocht van buiten	vochtindringing	buitenschil	26.1	watervdicht	watervdicht	NEN 2778
		luchtdichte begane grondvloer	luchtvolumestroom	26.4	$<20 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$	$<20 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$	NEN 2690
	vocht van binnen	wering allergenen	binnentemperatuur factor f	27.1	$f < 0.65$	$f < 0.50$	NEN 2778
		beperking vocht in constructie	wateropname natte ruimten	27.5	$<0.01 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{1/2}$	$<0.01 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{1/2}$	NEN 2778
	hemelwater	onaanvaardbare situatie	capaciteit	29	NEN 3215	NEN 3215	NEN 3215
luchtverversing	voorkomen nadelige luchtkwaliteit	capaciteit	30	$0.9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2 \text{ vloeropp.}$	$1.3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2 \text{ vloeropp.}$	NEN 1087	
energiezuinigheid	beperking energiegebruik	thermische isolatie gesloten deel	warmte weerstand	70	$>2.5 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$	$>2.5 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$	NEN 1068
		luchtdoorlatendheid	luchtvolumestroom	71	$<0.2 \text{ m}^3/\text{s}$	$<0.2 \text{ m}^3/\text{s}$	NEN 2686
		energieprestatie	energieprestatiecoëfficiënt	71a	1,2	1,9	NEN 5128 NEN 2916

Tabel 3: Overzicht van de belangrijkste eisen met betrekking tot vocht uit het bouwbesluit

2.4. VISIES OVER VOCHT

2.4.1. VISIE EN EISEN VAN DE OVERHEID

De overheid heeft ter beperking van ongewenste invloeden van vocht eisen geformuleerd in het Bouwbesluit. In tabel 3 zijn ze voor woningen en kantoren gegeven voor zover ze relatie hebben met vocht.

De NEN 6700-serie (TGB 1990) stelt indirect eisen aan de afwezigheid van vocht. De draagconstructie moet gedurende de voorgeschreven referentieperiode (levensduur) zijn functie vervullen, wat terug te vinden is in de materiaalprestaties die per klimaat- en/of milieuklasse verschillen.

De binnentemperatuurfactor f is een maat om condensvorming op koudebruggen te voorkomen en legt de minimale oppervlaktetemperatuur ter plaatse van een koudebrug vast. Vanwege het vochtiger binnenklimaat is in een woning een hogere f -factor vereist dan in kantoren. De wateropname van wanden en vloeren in badruimten moet in redelijke mate bestand zijn tegen waterindringing. De wateropname beperkt de snelheid van waterindringing en is

gelimiteerd tot $<0,01 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{1/2}$ als het oppervlak belast wordt met maximaal 150 mm waterkolom. Eisen aan de luchtverversing hebben direct te maken met het vocht dat via ventilatie wordt afgevoerd.

Behoorlijk strenge rekenregels bepalen de plaats en de capaciteit van hemelwaterafvoeren. Door deze eisen is de kans zeer gering dat hemelwater in de wand- of dakconstructie komt. De vereiste capaciteit van een regenwaterafvoer voor een plat dak of voor een inwendig gesitueerde afvoer moet beduidend groter zijn dan die voor een vergelijkbaar hellend dak.

Energiezuinigheid wordt door vocht beïnvloed. De eis aan de luchtdoorlatendheid van de buitenschil moet ongewild energieverlies door kieren en spleten voorkomen. Het is een absolute eis van $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ per gebouwschil en alleen voor grote gebouwen mag de eis per bouwsectie worden gehanteerd.

Het energieverlies neemt snel toe naarmate de afvoerlucht vochtiger is en dat is ook in de EPN-berekening terug te vinden. NEN 1068 schrijft voor dat er bij de bepaling van de warmte weerstand niet met de λ -waarde van een isolatiemateriaal gerekend moet worden maar

met een waarde inclusief de correctiefactor a waarin vochttopname en mogelijke veroudering is verdisconteerd:

$$\lambda_{reken} = \lambda_{dr} (1 + a)$$

De correctiefactor a kan ontleend worden aan de NEN 1068, doch het is nauwkeuriger om gebruik te maken van de relevante Beoordelings Richtlijnen (BRL's). De gegevens uit een geharmoniseerde BRL en bijbehorend KOMO-Attest-met-Productcertificaat hebben dezelfde status als een in het Bouwbesluit aangewezen norm. De BRL's 1304 en 1306 geven de volgende relatie:

$$\lambda_{reken} = \lambda_{declared} * 1,05$$

De $\lambda_{declared}$ is de warmtegeleidingscoëfficiënt die met 90% betrouwbaarheid voor 90% van de populatie in productie gerealiseerd wordt. In de correctiefactor 1,05 is in tegenstelling tot de NEN 1068 naast vochtinvloeden en veroudering ook de kans op applicatiefouten verdisconteerd.

2.4.2. VISIE VAN STYBENEX

De overheid stelt geen eis aan de duurzaamheid van isolatiematerialen. Stybenex staat op het standpunt dat naast de eisen die de overheid stelt een bouwer terecht mag verwachten dat het gekozen isolatiemateriaal duurzaam is.

Duurzaamheid is een moeilijk te meten begrip; voor Stybenex betekent het voor isolatiematerialen:

- geen aantasting door schimmels of rot;
- geen aantasting door ongedierte;
- geen significante achteruitgang van de λ -waarde door vochtinvloeden of veroudering;

En voor met EPS geïsoleerde bouwdelen betekent duurzaamheid voor Stybenex:

- zeer beperkte inwendige condensatie;
- hoge luchtdichtheid;
- geen esthetisch discomfort (vochtplekken, uitslag, bladderen, etc.).

3. EPS WEERSTAAT VOCHT

Om goed te begrijpen hoe bouwconstructies met EPS zich gedragen onder invloed van vocht, is het noodzakelijk de eigenschappen van de samengestelde delen, waaronder het EPS als materiaal, te kennen. In deze paragraaf wordt daarom eerst nader ingegaan op het gedrag van het basismateriaal EPS onder invloed van vocht.

3.1. VOCHTEIGENSCHAPPEN VAN EPS

EPS bestaat uit aan elkaar gehechte gesloten cellen met daartussen kleine soms met elkaar in verbinding staande gangetjes (ganglionnen). In de gesloten cellen kan noch water, noch damp binnendringen. De vochteigenschappen worden dus bepaald door de ganglionnen, die bij EPS niet als capillairen werken, omdat EPS in contact met water een bolle meniscus vertoont, (dat kunt u gemakkelijk zelf controleren door een strookje EPS in een glas met water te dopen). Hierdoor kan EPS geen vocht opzuigen.

Bij sommige kwaliteiten EPS werken de ganglionnen wel als kanaaltjes die water – onder invloed van de zwaartekracht – doorlaten. Het water blijft niet in het EPS achter, zodat de invloed op de warmtegeleiding zeer gering is. Het doorgelaten vocht kan ongewenst zijn als de onderconstructie er niet tegen kan (spaanplaat). Naden tussen EPS-platen laten ook water door. Daarom is het van belang dat in de bouwfase indringing van water door EPS-platen of door naden

voorkomen wordt.

De dampdoorlatendheid bepaalt voor een deel de mate van inwendige condensatie. Een laag van 0,10 m EPS geeft een μ d-waarde van 20 m. Een goede damp-rem moet minimaal een waarde van 20 m bezitten. De invloed van naden op de dampdoorlatendheid in praktijk is aanzienlijk. EPS bezit een relatief grote lineaire uitzettingscoëfficiënt en zal haar oorspronkelijke afmetingen niet weer aannemen vanwege haar thermoplastisch gedrag (irreversibele krimp). Aandacht voor naden in met EPS geïsoleerde constructies is dus geboden.

Nat worden van een kale EPS-plaat is niet erg omdat het niet kan rotten of schimmelen. De micro-organismen die rot kunnen veroorzaken hebben om te leven naast vocht en een voldoende hoge temperatuur een voedingsbodemp nodig. EPS bevat geen voedingsstoffen geschikt voor schimmels en bacteriën.

EPS gedraagt zich uitstekend in een vochtige omgeving, getuige de prestaties die in het betreffende KOMO Attest-met-Productcertificaat

vastgelegd zijn, zie tabel 4.

De irreversibele krimp is net als de lineaire uitzetting van belang in verband met het ontstaan van naden waardoor vocht of damp zou kunnen dringen. De irreversibele krimp bedraagt gemeten over de eerste 42 dagen enkele mm/m en in de jaren daarna in totaal circa 0,8 mm/m.

3.2. VOCHTEIGENSCHAPPEN VAN GECACHEERD EPS

De leden van Stybenex bewerken een deel van hun producten tot halffabrikaten en bouw delen door toevoeging van folies of plaatmaterialen die de vochteigenschappen en andere prestaties positief beïnvloeden (cacheringen).

Alle cacheringen maken het EPS vrijwel volledig dampdicht (μ d-waarde = ∞) en waterdicht met uitzondering van spaanplaat in dak-elementen. Om visuele redenen wordt de spaanplaat voor binnentoepassing tijdens de vervaardiging voorzien van een witte folie met een μ d-waarde van ± 9 m en voor spaanplaat aan de buitenzijde wordt een folie aangebracht met een μ d-waarde van ± 2 m om de waterindringing te verminderen (waterafstotend maken).

Materiaal-eigenschappen	Grootheid		Type EPS				
	notatie	eenheid	EPS 15	EPS 20	EPS 25	EPS 30	EPS 35
Volumieke massa (nominaal) ter identificatie	ρ	kg/m ³	15	20	25	30	35
Warmtegeleidingscoëfficiënt (rekenwaarde)*	λ	W/m.K	0,040	0,038	0,036	0,036	0,036
Diffusieweerstandsgetal	μ	-	20	30	40	60	90
Druksterkte bij 10% vervormings-eis	σ_{10}	kPa	60	100	130	165	200
Vochtopname bij volledige onderdompeling na 7 dagen	%		1,7	0,6	0,55	0,5	0,45
Vochtopname bij volledige onderdompeling na 1 jaar	%		5,0	4,0	3,5	3,0	2,0
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α	m/m	$7 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$

* Individuele EPS-typen (voor specifieke applicaties) zullen hiervan afwijken, gecertificeerd.

Tabel 4: Eigenschappen van EPS

4. VOCHTGEDRAG VAN EPS-BOUWDELEN

In deze paragraaf worden met EPS geïsoleerde bouwdeelen beoordeeld op hun vochtgedrag. De beoordeling is een toetsing aan de eisen die in het Bouwbesluit geformuleerd zijn, aangevuld met duurzaamheidseisen.

Duurzaamheidseisen beperken zich in dit kader tot inwendige condensatie of oppervlakte condensatie die tot rot of corrosie van de EPS-isolatie omringende materialenaanleiding kunnen zijn. Bij toetsing van bouwdeelen op hun vochtgedrag zijn de aansluitingen onderling en op de omringende constructie van wezenlijk belang en wel met name de water- en luchtdichtheid ervan.

4.1. VLAKKE DAKEN EN VOCHT

De navolgende typen isolatiesystemen met EPS op vlakke daken zullen worden beschreven:

- EPS-plaat al dan niet voorzien van bitumineuze cachering op een onderconstructie van staal, hout of beton;
- geïsoleerde sandwichpanelen met tweezijdige stalen huiden;
- geïsoleerde sandwichpanelen met tweezijdige spaanplaat huiden.

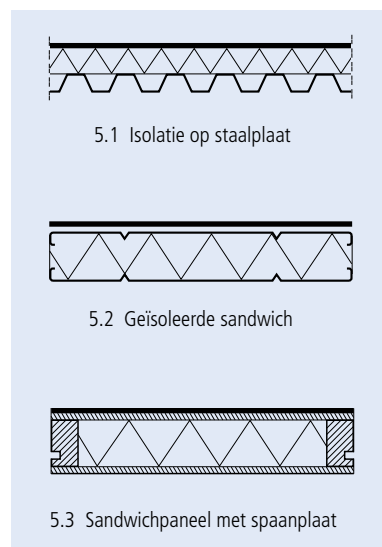


Fig. 5: Typen vlakke daken

4.1.1. TOETSING AAN DE EISEN EPS-platen op staal-, hout- of betonconstructies

Bij dit type dak ligt de draagconstructie in de verwarmde zone en wordt daarom warm dak genoemd. De buitenzijde is voorzien van een absoluut water- en dampdichte laag waaronder in theorie inwendige condensatie kan optreden. EPS vormt bij een dikte, nodig om een Rc-waarde van $2.5 \text{ m}^2\text{K/w}$ te behalen, een goede damp-rem.

Betonnen of stalen draagconstructies dragen ook bij aan de dampremmende werking en daarmee is er geen gevaar voor inwendige condensatie. Naden komen niet voor zodat luchtdichting per definitie in orde is (uitzondering: stalen dak met geperforeerde flenzen). Het is vochttechnisch een uitstekend opgebouwde constructie.

Sandwich met stalen huiden

Dit is een vochttechnisch uitstekend opgebouwde constructie met gelijksoortig gedrag dan die bij toepassing in de gevel.

Sandwich met spaanplaat huiden

Bij normale toepassingen (klimaatklassen) is er géén gevaar voor overmatige inwendige condensatie of vochtaccumulatie. Zie hiervoor het KOMO-Attest-met-Productcertificaat van de betreffende leverancier.

4.1.2. TOEPASSINGSVOORWAARDEN

EPS-platen op staal of betonconstructie

- controle op een acceptabele hoeveelheid inwendige condensatie door middel van een Glaser berekening is nodig in de volgende situaties:
 - bij toepassing op een stalen dak met deels geperforeerde plaatflenzen;
 - bij toepassing van warmteïsoleerende plafonds;
- in geval van een stalen dakplaat dient bij toepassing in klimaatklasse 3 enige oppervlaktecondensatie acceptabel te zijn;
- ongecacheerde EPS platen alleen in combinatie met kunststofdakbedekking toepassen;

- controle van de f-factor ter plaatse van aansluiting op de gevel uitvoeren.

Sandwich met stalen huiden

- de onderconstructie moet afwaterend zijn en voldoende stijf om waterophoping te voorkomen;
- de overspanning moet kleiner of gelijk zijn dan de door de producent opgegeven waarde;
- zie paragraaf 4.3; stalen sandwich als gevelbekleding.

Sandwich met spaanplaat huiden

- Zie paragraaf 4.2; hellende daken.

4.1.3. VERWERKINGSVOORSCHRIFTEN

EPS-platen op staal of betonconstructie

- de EPS-laag moet van een waterdichte dakbedekking worden voorzien, die in geval van niet gelijmde of mechanisch bevestigde EPS-platen geballast moet worden;
- de ondergrond moet effen en winddroog zijn en in geval van vers beton moet het vochtgehalte voldoende laag zijn voordat de dakbedekking wordt aangebracht;
- gecacheerde EPS platen toepassen of regenindringing tijdens verwerking vermijden;
- de EPS-platen met goed sluitende naden verwerken;
- de draagconstructie moet voldoende stijf en afwaterend zijn om ophoping van regenwater en de kans op lekkage te minimaliseren. Eventueel kan een afschot in de EPS-laag gecreëerd worden.

Sandwich met stalen huiden

- Zie paragraaf 4.3; stalen sandwich als gevelbekleding.

Sandwich met spaanplaat huiden

- Zie paragraaf 4.2; hellend dak.

4.2. HELLENDE DAKEN EN VOCHT

Hellende dakconstructies met EPS-bouwproducten zijn meestal:

- ribpanelen met tweezijdige spaanplaat huiden;
- sandwichpanelen met tweezijdige spaanplaat huiden;
- sandwichpanelen met tweezijdige stalen huiden;
- na-isolatie onder traditioneel dak;
- na-isolatie op golfplaten;
- isolatie van daken in de U-bouw zoals sporthallen, opslagplaatsen, etc. (binnendak).

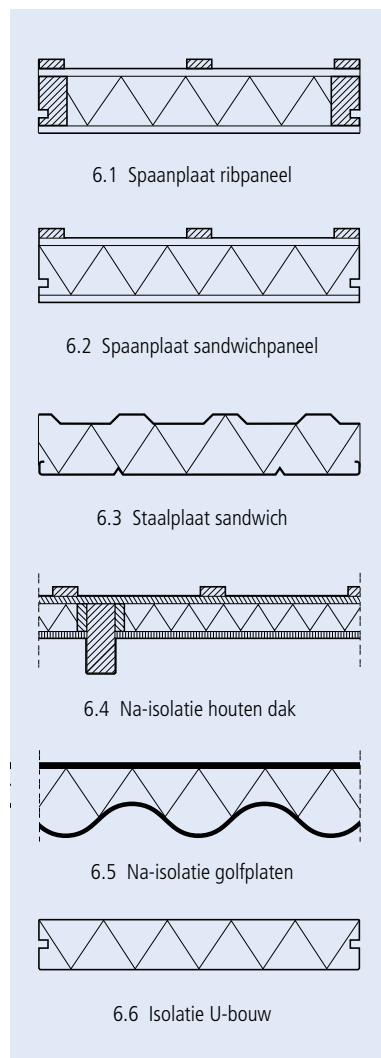


Fig. 6: Hellende daken

4.2.1. TOETSING AAN DE EISEN Ribpanelen met tweezijdige spaanplaat huiden

Dit type dakplaat wordt veel toegepast in woninbouw. Om aan de warmteweerstand $R_c = 2,5 \text{ m}^2\text{W/K}$ te voldoen, is een EPS-dikte van circa 100 à 120 mm nodig. Het is een warmdak-constructie waarin theoretisch inwendige condensatie

kan ontstaan. De combinatie van de dampweerstand van de (veelal wit afgewerkte) onderspaanplaat en de dikke laag EPS levert een voldoende damp-rem, zodat zonder extra damp-remmende folie volstaan kan worden. Bij doosdaken, uitgevoerd als ribpanelen, wordt deze folie meestal wel toegepast. De onderspaanplaat bezit ondanks de witte afwerklaag voldoende hygroscopische eigenschappen om tijdelijke oppervlakte condensatie onzichtbaar te maken. De spaanplaat aan de bovenzijde heeft een lage dampweerstand ($\mu d = \pm 2 \text{ m}$). Door geslagen water of regen tijdens de bouwphase stroomt af zonder in de plaat te dringen, terwijl de μd -waarde een factor 5 tot 7 lager ligt dan die van EPS en binnenplaat samen. Die verhouding is voor binnenklimaatklasse 3 nodig om een vochttechnisch verantwoorde opbouw te hebben. Goed uitgevoerde langs- en horizontale naden beletten indringing van regen en waarborgen luchtdichting. Het damptransport door de afgedichte naden is nihil, zodat zonbestraling geen aanleiding tot lekkage geeft in geval van aan de onderzijde van dakpannen opgetreden condensatie.

Sandwichpanelen met tweezijdige spaanplaat huiden

Dit type dak kent geen houten ribben in de elementen en gedraagt zich vochttechnisch net zo goed als de boven beschreven ribpanelen. Bij asymmetrische vochtbelasting is de kans op scheluwte iets groter dan bij ribpanelen. In geval van een uitstekende bevestiging op een stabiele onderconstructie is het vochttechnisch gedrag gelijkwaardig aan ribpanelen.

Sandwich met tweezijdige stalen huiden

Zie paragraaf 4.1; stalen sandwich als vlak dak.

Na-isolatie onder traditioneel dak

Bij na-isolatie van een traditioneel dak met een houten dakbeschoot bestaat de kans op inwendige condensatie tegen het houten dakbeschoot. Dankzij de bijdrage die het EPS levert aan de damp-rekking is een extra damp-remmende folie aan de warme zijde meestal niet nodig,

omdat het EPS toch afgewerkt moet worden met een plaatmateriaal om brandtechnische redenen. Afhankelijk van de klimaatklasse moet aandacht besteed worden aan de luchtdichting van de onderlinge aansluitingen en de aansluitingen op de constructie om inwendige condensatie te voorkomen. Daarvoor kan tape gebruikt worden, maar soms is het aanbrengen van een folie over het hele vlak tezamen met afdekken met bijvoorbeeld gipskartonplaten een veel handzamer oplossing.

Na-isolatie op golfplaten

Na-isolatie van een dak bestaande uit vezelcementplaten door er een EPS-renovatieplaat aan de buitenzijde op aan te brengen, is bouwfysisch een perfecte oplossing. De waterdichtheid hoeft niet verbeterd te worden (die was al aanwezig), toch moet de EPS-renovatieplaat een buitenhuid hebben om te voorkomen dat de vezelcementplaat permanent nat blijft. De vezelcementplaat kan niet meer naar buiten drogen. De dampweerstand van vezelcementplaten is niet erg hoog en de vele naden maken dat er in feite nauwelijks sprake is van een damp-remmende werking. Gezien de functie van de gebouwen die met dit type daken gewoonlijk zijn uitgerust, is de kans op inwendige condensatie beperkt en een damp-rem niet nodig. De vezelcementplaten zullen wel een aanzienlijke hygrische uitzetting vertonen en afhankelijk van de bevestigingswijze kunnen er dus spanningen in de platen ontstaan.

Isolatie met binnendak

Deze tweezijdig van een aluminiumfolie voorziene EPS-elementen leveren een goede warmte-isolatie en bezitten een zeer hoge dampdichtheid. Dit type na-isolatie wordt veel toegepast in klimaatklasse 1 en 2 waar de kans op condensatie in de erboven liggende dakspouw beperkt is. Om terugloop van de warmte-isolatie door vrije convectie te vermijden, moeten de aansluitingen luchtdicht uitgevoerd worden. De aansluitingen zijn dan meestal automatisch ook dampdicht zodat toepassing in klimaatklasse 3 in dat geval een vochttechnisch verantwoorde oplossing is.

4.2.2. TOEPASSINGS VOORWAARDEN

Ribpanelen met tweezijdige spaanplaat huiden en dakpannen

- toepasbaar in de binnenklimaatklassen 1 en 2;
- hellingshoek groter dan 25°;
- controle van f-factor van de dakvoet uitvoeren.

Sandwichpanelen met tweezijdige spaanplaat huiden

- zie ribpanelen hierboven;
- een stabiele onderconstructie is noodzakelijk.

Sandwichpanelen met tweezijdige stalen huiden

- Zie paragraaf 4.1.1; stalen sandwich als vlak dak.

Na-isolatie onder traditioneel dak

- een Glaser berekening moet een acceptabele hoeveelheid inwendige condensatie geven.

Na-isolatie op golfplaten

- de vezelcementplaten en hun bevestiging moeten bestand zijn tegen een hoger vochtgehalte.

Isolatie met binnendak

- Enige oppervlaktecondensatie dient acceptabel te zijn.

4.2.3. VERWERKINGS- VOORSCHRIFTEN

Ribpanelen met tweezijdige spaanplaat huiden en dakpannen

- het dak zo snel mogelijk regendicht maken door afdichting van de naden en leggen van de pannen;
- de overspanning van de dakplaten mag de opgegeven waarde niet overschrijden;
- deugdelijk bevestigen op een stabiele onderconstructie;
- de horizontale naden regen- en luchtdicht maken;
- de verticale naden, de aansluitingen op de omringende constructie en de doorvoeringen water- en luchtdicht afwerken met bijvoorbeeld PUR schuim;
- bij doorvoeringen van een rookgasafvoer een mantelbuis toepassen;
- tijdens de bouwfase extreem hoge relatieve luchtvochtigheid in het gebouw voorkomen door bijvoorbeeld ventileren.

Sandwichpanelen met tweezijdige spaanplaat huiden

- Zie ribpanelen hierboven.

Sandwichpanelen met tweezijdige stalen huiden;

- Zie paragraaf 4.1.1; stalen sandwich als vlak dak.

Na-isolatie onder traditioneel dak

- de onderlinge aansluitingen, de aansluitingen op de omringende constructie en de doorvoeringen moeten luchtdicht worden afgewerkt;
- bij doorvoeringen van een rookgasafvoer moet een mantelbuis worden toegepast.

Na-isolatie op golfplaten

- om vrije convectie (die sterk afbreuk doet aan de warmte-isolatie) te voorkomen, moet de ruimte tussen de platen onderling en tussen de plaat en het onderliggend dak voorkomen worden;
- de bevestiging van de waterdichte dak huid moet bestand zijn tegen windzuiging en waterdicht worden uitgevoerd.

Isolatie met binnendak

- de bevestigingen verdekt uitvoeren om plaatselijke koudebrug te voorkomen;
- de langsnaden volledig afdekken i.v.m. redelijke luchtdichting;
- de onderlinge aansluitingen, de aansluitingen aan de omringende constructie en de doorvoeringen luchtdicht afwerken;
- controle van f-factoren van de aansluiting gevel op de isolatie.



Met de hijsinrichting worden lichamelijke inspanningen op het dak tot een minimum beperkt.

4.3. GEVELS EN VOCHT

EPS-bouwproducten in de gevel worden meestal toegepast als:

- spouwmuur;
- buitengevelisolatie, nat systeem;
- sandwichpanelen (waaronder stalpanelen en koelcellen);
- voorzetwanden.

4.3.1. TOETSING AAN DE EISEN Spouwmuur

Bij een EPS-dikte waarmee wordt voldaan aan de minimale R_C -waarde van $2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ontstaat er een voldoende luchtdichte gevel. In de vochtige spouwmuur is de keus voor EPS een goede omdat EPS vrijwel geen water of waterdamp opneemt. Ook nabij de funderingsbalk waar het langs het buitenblad afstomende water afgevoerd moet worden, is EPS een goede keus omdat onverhoopt contact met water de isolatiewaarde marginaal reduceert.

Buitengevelisolatie

Het aanbrengen van EPS als buitengevelisolatie en afgewerkt met een stuclaag die als waterwerende laag functioneert, is de beste manier van isoleren. De vereiste R_C -waarde van $2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ wordt eenvoudigweg gerealiseerd en de kans op een koudebrug is nihil. De waterwerende laag hoeft niet waterdicht te zijn. De aan EPS eigen bolle meniscus voorkomt dat vocht uit de natte stuclaag in het EPS wordt gezogen.

Sandwichpanelen

De stalen huiden aan weerszijden van de EPS-kern zijn perfecte water- en luchtdichte lagen. De warmte-isolatie is eenvoudig aan te passen door de laagdikte van het EPS te variëren. De verende overlappen van de metalen buitenhuid waarborgen een goede regen- en winddichting [ref 5]. Door het ontbreken van een verbinding tussen de metalen binnen- en buitenhuid ontstaan geen koudebruggen in de elementaansluitingen; bij goede uitvoering zijn de aansluitingen voldoende luchtdicht om inwendige condensatie te voorkomen.

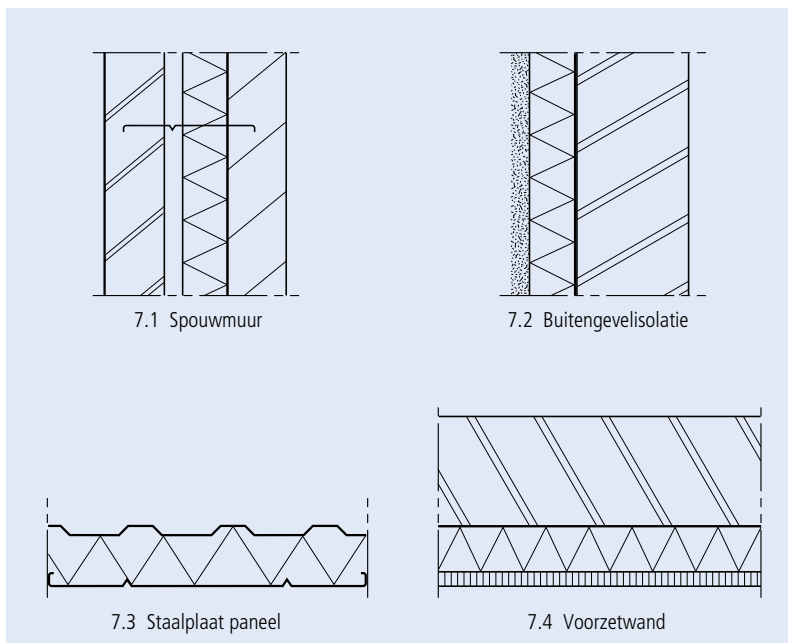


Fig. 7: Gevelconstructies met EPS

Voorzetwanden

De waterdichting wordt bij deze constructies verzorgd door de reeds aanwezige gevel, waaraan vaak geen warmte-isolerende functie mag worden ontleend. Bij EPS dikten behorende bij de isolatie-eis uit het Bouwbesluit, tezamen met een (gipskarton) afwerkplaat is de benodigde damp-remmende werking voldoende.

4.3.2. TOEPASSINGS-VOORWAARDEN

Spouwmuur

- het binnenspouwblad dient vlak te zijn, mag geen speciebaarden vertonen en moet van een raaplaag zijn voorzien;
- controle van de f-factor met name de aansluiting begane grondvloer op gevel is nodig.

Buitengevelisolatie

- er is een draagkrachtige vlakke ondergrond nodig en de constructie aan de binnenzijde mag geen optrekkend vocht vertonen.

Sandwichpanelen

- toepasbaar in binnenklimaatklasse 1 en 2. Ook in klasse 3 indien enige oppervlaktecondensatie acceptabel is;
- controle van de f-factor met name van de vloer/gevelaansluiting nodig; deze is zonodig eenvoudig te verbeteren.

Voorzetwanden

- bij gelijmde voorzetwanden is een vlakke draagkrachtige ondergrond nodig en in geval van doorslaande muren een vochtbestendige lijm;
- voorzetwanden kunnen in klimaatklasse 1 tot en met 3 worden toegepast, bij toepassing in klimaatklasse 3 alléén indien dat buitenblad bestand is tegen permanent vocht;
- bij toepassing in klimaatklasse 3 minimaal een laagdikte van 10 cm dik EPS toepassen om voldoende damp-remming te krijgen of een damp-remmende laag aan de binnenzijde toepassen;
- bij voorkeur niet toepassen in gebouwen met veel koudebruggen;
- controle van de f-factor van de onderaansluiting en ter plaatse van koudebruggen is nodig.

4.3.3. VERWERKINGS-VOORSCHRIFTEN

Spouwmuur

- de platen goed sluitend aanbrengen, ook bij de hoeken;
- de horizontale naden naar buiten afwaterend aanbrengen;
- spouwankers toepassen die langslappend water onderbreken (metalen anker met druipknik);
- door goede detaillering voorkomen dat vochtige spouwlucht kan opstijgen en condenseren in de dakspouw.

Buitengevelisolatie

- de platen goed sluitend aanbrengen ook bij de hoeken;
- de platen verlijmen op de ondergrond en zonodig voorzien van extra mechanische bevestigingen;
- een gewapende stuclaag (kunststof of mineraal gebonden) aanbrengen als buitenhuid met een dikte die afdoende de wateropname beperkt;
- de bevestigingen door de buitenhuid heen (van roestvrij materiaal) waterdicht afdichten.

Sandwichpanelen

- de elementen monteren met de aansluitingen goed op elkaar gedrukt;
- voldoende bevestigingen aan de onderconstructie om vervormingen en windbelasting te weerstaan;
- boor- of zaagresten direct verwijderen ter voorkoming van corrosie;
- beschadiging van de coating op de buitenhuid voorkomen of direct repareren;
- de aansluitingen aan de omringende constructie, de hoeken en de leidingdoorvoeren water- en luchtdicht uitvoeren (bijvoorbeeld met PUR schuim);
- in geval van een rookgasdoorvoering een mantelbuis toepassen.

Voorzetwanden

- de elementen onderling goed sluitend aanbrengen en in klimaatklasse 2 en 3 de naden aan de binnenzijde dampdicht afwerken (bijvoorbeeld met tape);
- de aansluitingen aan vloer en plafond luchtdicht afwerken om te voorkomen dat vrije convectie een aanzienlijk deel van de warmte-isolatie te niet doet;
- de onderaansluiting naar buiten afwaterend detailleren.

4.4. VLOEREN EN VOCHT

De navolgende vloer/funderingstypen zullen worden beschreven:

- ribcassettevloeren;
- plaatvloeren;
- ondersteunde vloeren;
- funderingsbekisting;
- zwevende dekvloeren.

4.4.1. TOETSING AAN DE EISEN Ribcassettevloer

Boven een vochtige kruipruimte is een uitstekende dampdichtheid en luchtdichtheid nodig. De dikte van de EPS bij vulelementen (0,15 tot 0,25 m) is een goede damp-rem. De langsnaden tussen de elementen zijn uitgevoerd als overlap en worden door het gewicht van de opgestorte beton goed dichtgedrukt, zodat daar geen gevaar voor damptransport bestaat. EPS zuigt geen vocht aan uit het verse beton.

De mortel is te dik om als water in het EPS te dringen. Terugloop van de warmte-isolatie door vocht treedt niet op. De aansluiting tussen begane grondvloer en gevel is (per definitie) een koudebrug waar aandacht aan geschonken moet worden.

Plaatvloer

Voor geïsoleerde plaatvloeren geldt precies hetzelfde als voor ribcassettevloeren: ze vertonen een uitstekend gedrag ongeacht de vochtige omstandigheden, waarbij het uitgeharde beton ook een forse bijdrage levert aan damp- en luchtdichtheid. Alleen de (onderlinge) aansluitingen vergen aandacht.

Ondersteunde vloer

Omdat EPS geen capillaire opzuijing kent, is EPS een uitstekend isolatiemateriaal onder volledig op zand rustende betonvloeren. Alleen indien EPS permanent onder het grondwaterniveau komt te liggen, loopt de isolatiewaarde iets terug.

Funderingsbekisting

Vocht uit de aarde tegen de onder- of buitenzijde van de EPS bekisting wordt niet in het EPS gezogen dankzij de niet-capillariteit. De volledige funderingsbalk is geïsoleerd en dat heeft de volgende voordelen:

- de temperatuur in de kruipruimte daalt minder, waardoor minder

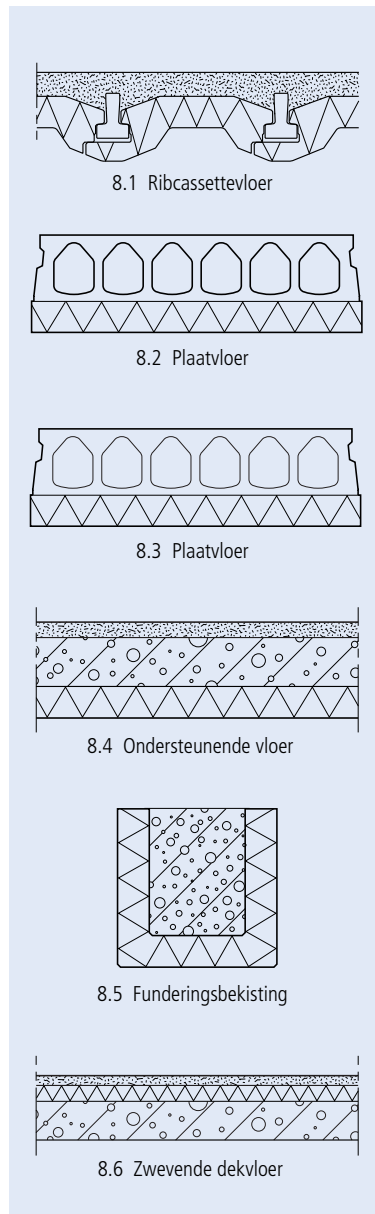


Fig. 8: Vloerisolaties

kans op condensvorming bestaat (kruipluik!);

- de f-factor van de aansluiting vloer/gevel zal aan de eis voldoen.

Zwevende dekvloer

Op de (betonnen) constructieve vloer wordt geëlastificeerd EPS gelegd. Door een speciale behandeling is de dynamische stijfheid gereduceerd en daardoor is de contactgeluidisolatie verbeterd. De zwevende laag is een uitstekende onderbreking tegen optrekkend bouwvocht uit de betonnen vloer en voorkomt dat met name houtachtige dekvloeren (parket, etc) door zwellen zouden gaan opbollen.

4.4.2. TOEPASSINGSVOORWAARDEN

Voor alle vloerisolatie geldt, dat de ondersteunende constructie voldoende stijf en strak moet zijn, hoewel dit op zich niets met het fenomeen 'vocht' heeft uitstaan. In elk geval de f-factor van aansluiting vloer/gevel toetsen en zonodig de gevel extra isoleren. Voor zwevende dekvloeren geldt bovendien:

- niet toepassen op vers beton wanneer geen droging naar beneden kan optreden;
- de ondergrond dient vlak te zijn.

4.4.3. VERWERKINGSVOORSCHRIFTEN

Ribcassettevloer:

- de naden tussen de EPS elementen goed sluitend aanbrengen;
- een zorgvuldige afdichting van naden en doorvoeringen waar beton of vloei vloermortel kan instromen;
- zorgvuldig luchtdicht maken van open verbindingen tussen de kruipruimte en de spouw (denk aan de zijde bij de liggeropleggingen) en tussen de kruipruimte en de woning (denk aan leidinginvoeren in de meterkast).

Plaatvloer:

Er gelden analoge verwerkingsvoorschriften als voor ribcassettevloeren met twee aanpassingen:

- luchtdichte kopse aansluitingen zijn meestal automatisch aanwezig door de oplegging op EPS;
- de onderlinge aansluitingen goed afdichten.

Ondersteunde vloer:

- de EPS platen goed aansluitend leggen ter vermindering van koudebruggen en vocht opzuijing in het beton (platen aan elkaar lijmen, overlap toepassen, haaklas toepassen);
- controle van de f-factor nabij vloer/gevelaansluiting; ze is gemakkelijk op niveau te brengen.

Funderingsbekisting:

- de elementen zonodig tegen verschuiven borgen, bijvoorbeeld door grondaanvulling;
- de elementen in twee gangen volstorten.

Zwevende dekvloer:

- in geval van een natte dekvloer op de EPS-laag en stevige folie (dikte 250 μm) aanbrengen om contactbruggen via tussen de platen gelopen mortel te vermijden;
- alle contact tussen dekvloer en opgaande wanden of leidingdoorvoeren zeer zorgvuldig vermijden door tussenvoeging van een elastische strook EPS.

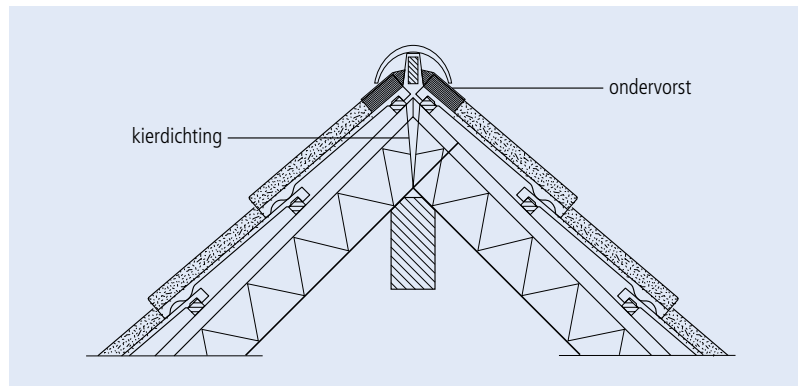


Fig. 9: Nokaansluiting

4.5. AANSLUITDETAILS

Bij de toetsing van met EPS uitgevoerde bouwdelen is zeer regelmatig gewezen op goede details met name t.a.v. luchtdichting en temperatuurfactor. Luchtdichting dient ter voorkoming van inwendige condensatie en om het gebouw aan de luchtdichtheidseis uit energetische overwegingen te laten voldoen. De temperatuurfactor moet aan de eis voldoen om een binnenoppervlakte-temperatuur te realiseren die geen aanleiding vormt tot allergenen en vorming van schimmels. In de figuren 9, 10 en 11 worden ter illustratie details gegeven voor woningen van de volgende aansluitingen:

- nokaansluiting;
- dakvoet;
- gevel op begane-grondvloer.

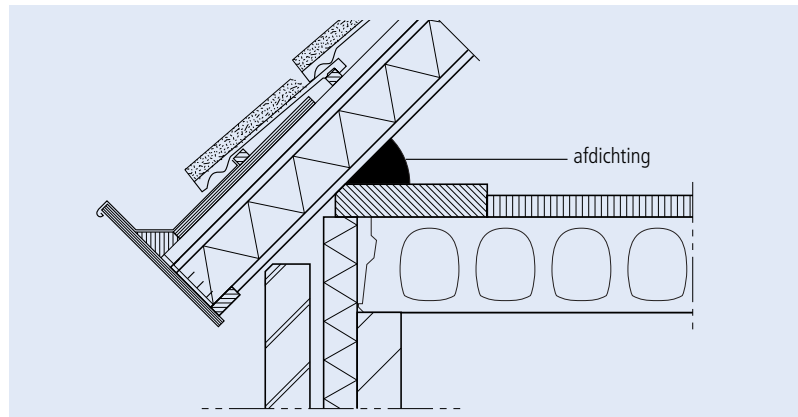


Fig. 10: Dakvoet

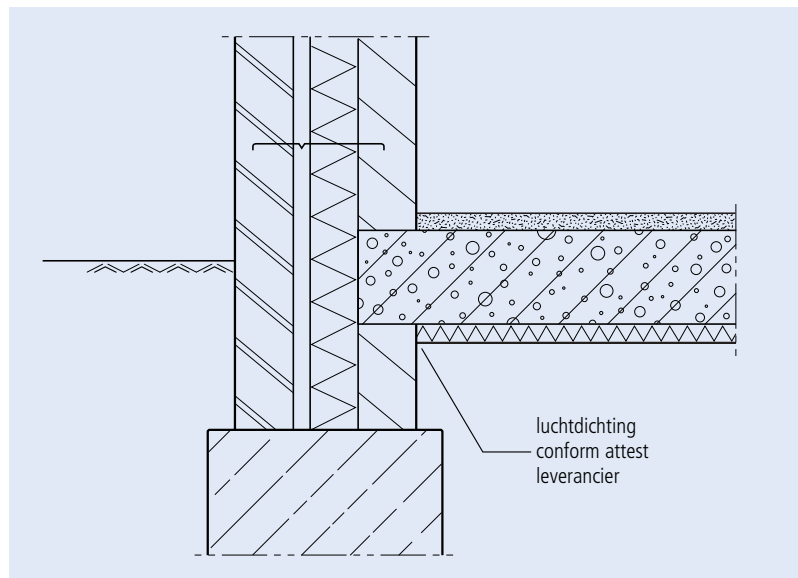


Fig. 11: Aansluiting begane-grondvloeren

5. CONCLUSIE

Bij in achtname van de toepassingsvoorwaarden en de verwerkingsvoorschriften kunnen de volgende conclusies getrokken worden.

Met EPS geïsoleerde bouwdelen zijn goed bestand tegen vocht

Dankzij het goede vochtgedrag van EPS (met name het niet-hygrosco-pisch gedrag) leveren met EPS geïsoleerde bouwdelen uitstekende prestaties in het kader van energie-zuinig bouwen. De bouwdelen vol-doen aan de wettelijke eisen die betrekking hebben op vochtgedrag.

De levensduur van EPS ligt in dezelfde grootteorde als van de draagconstructie

Ondanks vochtinvloeden ligt de levensduur van EPS producten in dezelfde grootte-orde als die van de

draagconstructie van het gebouw waarin EPS is toegepast.

Compensabele eigenschappen van EPS

Elk materiaal heeft naast goede, ook minder goede eigenschappen. In geval van EPS zijn dit met het oog op vocht de irreversibele lengteverandering die naden kan opleveren en een geringe weerstand tegen staand water van sommige kwaliteiten. Naden zijn door goede detaillering eenvoudig op te lossen en door EPS dringend water is alleen bezwaarlijk als de ondercon-structie er niet tegen kan.

REFERENTIES

1. *EPS en vocht, van Zanten raadgevende ingenieurs, 1998, Den Haag.*
2. *Woningwet en bouwbesluit, 1997, SdU, Den Haag.*
3. *Regelingen bouwbesluit, 1997, SdU, Den Haag.*
4. *Blauwdruk jan. '85, Gasunie, Groningen.*
5. *Beproeving W-STS, TNO 94-BT-R1096, 1994, Delft.*

LIJST VAN AFKORTINGEN

EPS	Geëxpandeerd Polystyreen
RV	Relatieve luchtvochtigheid (%)
Pa	Pascal = N/m ² , maat voor spanning
TGB	Technische grondslagen voor bouwvoorschriften
EPN	Energieprestatienormering
KOMO	Kwaliteitsmerk voor de bouw

EEN UITGAVE VAN STYBENEX
Vereniging van Fabrikanten
van EPS®-bouwproducten

Postbus 2108
5300 CC Zaltbommel
Tel. 0418 51 34 50
Fax. 0418 51 38 88
E-mail: info@stybenex.nl



LOGISCH PROCES: BOUWEN MET EPS.